

biante de 9 à 18 degrés au-dessous de zéro, pourvu toutefois qu'elles reçoivent quelques rayons de lumière.

A côté de ce fait déjà très-intéressant, il s'en présente un qui touche à la dispersion des espèces. Il est extrêmement curieux de rencontrer à de très-grandes altitudes des espèces qui se retrouvent dans les pays de plaines. Le *Melosira arenaria*, qui vit à 2600 mètres sur la Bella Tola, se rencontre aux environs de Paris dans l'Yvette, au moulin de Maincourt, et dans les fontaines de l'Abbaye du Val, près de Mériel. Le *Cyclotella Ehrenbergii*, les *Epithemia turgida* et *gibba*, et le *Cyclotella Kutzingiana*, habitent la plupart des mares de nos environs, aussi bien que le voisinage du glacier du Rhône; j'ajouterai qu'il n'est même pas possible de remarquer aucune différence entre les espèces alpines et les nôtres.

M. Cornu dit avoir vu plusieurs Chlorophycées, et notamment l'*Hydrodictyon*, pris pendant un certain temps dans la glace, sans périr; le *Palmella hyalina* a produit des milliers de zoospores dans un vase renfermant de la glace fondante. Enfin, on sait que l'*Hæmatococcus lacustris* végète à de très-basses températures: M. Rostafinsky est parvenu à le cultiver dans l'eau glacée.

M. Duchartre rappelle que le *Soldanella alpina* a été trouvé en fleur sous une voûte de neige.

M. Chatin dit avoir rencontré, sur les bords du lac de Saint-Bernard, plusieurs espèces de *Gentiana*, de *Primula* et de *Ranunculus* en fleur; ces plantes végètent sous une température moyenne très-basse, car si le soleil paraît pendant quelques heures de la journée, il gèle toutes les nuits.

M. Mer fait la communication suivante :

DES EFFETS DE LA SUBMERSION SUR LES FEUILLES AÉRIENNES (suite) (1),
par M. E. MER.

Mes premières recherches sur cette question, en prenant comme sujets d'expérience les feuilles de Lierre, Haricot et Capucine, m'avaient donné les résultats suivants :

1° Pendant toute la durée de la submersion, les feuilles ne peuvent créer d'amidon, et elles ne tardent pas à perdre celui qu'elles renfermaient.

2° Elles sont très-ralenties dans leur développement et n'acquièrent jamais leurs dimensions normales.

3° Elles meurent plus ou moins rapidement, suivant les espèces. Le dépérissement est généralement précédé de l'infiltration du limbe.

(1) Voyez *Bull. de la Soc. bot. de France*, t. XXIII, p. 243.

Dans ce nouveau travail, je me propose d'examiner quelles sont les causes de ce dépérissement et de cette infiltration.

I

M. Emery, ayant remarqué que la germination des plantes aériennes ne peut s'effectuer sous l'eau que lorsque celle-ci est aérée, et encore pour certaines espèces seulement, puis s'arrête quand elles ont épuisé la provision de matières nutritives contenues dans la graine, attribuait à l'asphyxie et à l'inanition leur dépérissement dans ce milieu. A cette époque, les connaissances sur l'amylogénèse dans les feuilles étaient encore peu avancées. Le principal rôle attribué à ces organes dans la nutrition était désigné par l'expression assez vague d'*élaboration de la sève*. Il était donc naturel que M. Emery regardât les troubles apportés par la submersion dans les fonctions nutritives comme dus à une élaboration incomplète de ce liquide. Mais il est possible aujourd'hui d'expliquer ces effets d'une manière plus précise. On sait qu'en général une feuille mise dans l'impossibilité de créer de l'amidon ne peut non-seulement acquérir ses dimensions normales, mais que son existence même est compromise, car ses tissus ne conservent plus assez de vitalité pour attirer en quantité suffisante l'eau et les matériaux contenus dans la tige (1). On conçoit alors qu'une feuille aérienne, qui ne peut créer d'amidon sous l'eau, dépérisse comme elle le ferait, soit à l'obscurité, soit dans un milieu privé d'acide carbonique ou dont la température serait trop basse. On peut donc dire avec M. Emery, que l'inanition est une des conséquences de la submersion, mais en attachant à ce mot une signification plus précise qu'il ne pouvait le faire alors.

Restait à savoir si la feuille souffre en outre de l'insuffisance d'oxygène dissous dans l'eau. Il était nécessaire, pour cela, de choisir une feuille qui consommât assez peu activement sa provision de matière amylacée et se laissât assez difficilement infiltrer pour que le dépérissement ne pût être attribué ni à l'inanition, ni à l'infiltration (2). Les feuilles de Lierre m'ont paru remplir ces conditions. J'en cueillis quelques-unes, afin

(1) L'expérience suivante montre que, dans ce cas, elle est souvent impuissante à réparer les pertes dues à une transpiration quelque peu active. On détache en hiver trois feuilles de Lierre qu'on maintient dans l'air sec d'une chambre chauffée, après avoir immergé l'extrémité des pétioles. On enveloppe d'étoffe noire le limbe de l'une; on place une autre sous une cloche obscure, à parois humides; la dernière est exposée au jour. La première se fane peu à peu et se dessèche au bout de un à deux mois, tout en restant verte; la seconde ne dépérit que plus tard et jaunit, parfois même elle est encore vivante six mois après; enfin la troisième continue à végéter.

(2) Non-seulement la durée nécessaire à la disparition de l'amidon dans une feuille varie beaucoup suivant les espèces, mais il en est encore de même de l'intervalle de temps compris entre le moment où toute trace de cette substance a disparu et celui où se montrent les premiers signes de dépérissement.

qu'elles ne pussent recevoir de l'air par le rameau, et je les immergeai entièrement à l'obscurité, sauf l'extrémité du pétiole : position dans laquelle l'infiltration ne se produit généralement pas. Je parvins à les maintenir ainsi en bon état, depuis le 15 décembre jusqu'au 15 mai, sans que l'eau eût perdu sa limpidité. Elles ne tardèrent pas à former de nouveau de l'amidon, lorsqu'elles furent exposées au soleil et redressées de manière à ne plus recevoir d'eau que par le pétiole. L'extrémité de cet organe qui émergeait sur un centimètre de longueur s'était desséchée pendant l'expérience. Il n'est guère probable que l'air ait pu pénétrer par cette voie, en assez grande quantité du moins pour alimenter le limbe. Cependant, pour plus d'exactitude, dans une autre expérience, la surface de section fut enduite de cire, afin d'empêcher l'entrée de l'air, sans que le résultat ait varié.

Il semble donc que l'inanition soit, plutôt que l'asphyxie, la cause immédiate du dépérissement des feuilles aériennes qu'on submerge, en ayant soin de les préserver de l'infiltration. Cette manière de voir repose principalement sur ce fait que, sous l'eau, la vitalité de ces organes est en général d'autant plus courte qu'ils consomment plus rapidement leurs matières nutritives ou qu'ils en ont moins à leur disposition. Mais l'inanition elle-même est souvent le résultat de la pauvreté de l'eau en oxygène, les matières nutritives ne pouvant, faute d'une combustion suffisante, subir les modifications nécessaires à leur passage des tissus de réserve dans les jeunes organes et à leur assimilation. C'est ce qui arrive lorsqu'on essaye de faire germer des graines et développer des plantes bulbeuses sous l'eau. Au contraire, quand le bulbe est à l'air, les feuilles prennent un grand développement, sans paraître souffrir de l'immersion, ainsi, du reste, qu'elles le font à l'obscurité. Ayant à leur portée, dans les deux cas, une grande quantité de nourriture facilement assimilable, elles peuvent se dispenser d'en fabriquer elles-mêmes. Si l'on émerge les feuilles en immergeant le bulbe, ce dernier entre souvent en putréfaction et les feuilles dépérissent ; ce qui montre que l'asphyxie n'agit qu'en entravant la nutrition. Peut-être même l'impossibilité où sont les feuilles aériennes de faire de l'amidon sous l'eau est-elle due à l'insuffisance de ce liquide en oxygène. Toutefois, ayant fait végéter des Algues à côté de feuilles de *Cissus quinquefolia*, afin de mettre à la disposition de celles-ci une plus grande quantité de gaz, je n'ai pu y constater la production d'amidon.

II

Le dépérissement sous l'eau des feuilles aériennes est singulièrement activé par l'infiltration de leurs tissus. Pour bien comprendre la cause de ce phénomène, il est nécessaire de ne pas perdre de vue les conditions

diverses dans lesquelles il se produit. Je les résumerai en prenant pour exemple les feuilles de Lierre :

1° Immergées, tandis qu'elles tiennent encore au rameau, elles s'infiltreront beaucoup moins facilement que lorsqu'elles en ont été séparées auparavant.

2° Détachées et plongées dans l'eau par le limbe ou le pétiole seulement, elles peuvent y séjourner plusieurs mois sans s'infiltrer.

3° Si l'on maintient hors de l'eau une portion suffisante du limbe d'une feuille détachée, l'autre portion ainsi que le pétiole se trouvant immergés, l'infiltration ne se produit pas. Il en est de même si l'une des faces est en contact avec l'air.

4° L'infiltration est d'autant moins rapide que les feuilles sont plus jeunes et plus vigoureuses et que la température est moins élevée.

5° Immergée en totalité, après qu'on l'a détachée et laissée se flétrir légèrement, une feuille de Lierre reprend bientôt sa turgescence et s'infiltrer. Émerge-t-on ensuite le limbe, l'infiltration disparaît, mais la turgescence persiste. Si l'on n'immerge au contraire que le limbe ou le pétiole, il faut un temps bien plus long pour que la turgescence reparaisse et il ne se produit pas d'infiltration. Il en est de même si l'on n'immerge que le pétiole en même temps qu'une partie seulement du limbe.

6° Lorsque le degré de fanaison est plus avancé, le parenchyme meurt sur plusieurs places. Celles-ci s'infiltreront rapidement sous l'eau, même quand le limbe seul est immergé, pour se dessécher, si on le sort du liquide ou pourrir si on l'y laisse.

7° Immerge-t-on un limbe, après y avoir pratiqué des incisions ou bien enlevé quelques lambeaux d'épiderme, les régions où ont été faites ces opérations ne tardent pas à s'infiltrer.

Par l'ensemble de ces faits, on voit que, pour que l'infiltration se produise sur un point du limbe, il faut que la vitalité des cellules de cette région soit affaiblie et qu'en outre l'eau puisse y parvenir en excès. C'est parce que la première de ces conditions n'est pas remplie dès le début, qu'une feuille, même entièrement immergée, s'infiltrer seulement au bout d'un certain temps, et c'est pour le second motif que l'infiltration apparaît bien plus rapidement, lorsque l'eau peut pénétrer par les nervures, à la suite d'incisions ou surtout par le pétiole.

Il résulte d'expériences faites à l'aide des matières colorantes que les solutions se répandent d'abord dans les parois des cellules qu'elles imbibent. Le protoplasma se trouve ainsi enveloppé d'une atmosphère liquide, dans laquelle il puise plus ou moins, prenant beaucoup d'eau quand il fonctionne avec énergie, en prenant moins quand la transpiration se ralentit, mais ne dépassant jamais la limite de ses besoins. Une fois ceux-ci satisfaits, il paraît être en mesure de s'opposer à une pénétration excessive de l'eau. Mais lorsque sa vitalité est diminuée, cette propriété de

résistance semble affaiblie. Par suite de quel mécanisme en est-il ainsi ? L'utricule primordial étroitement appliqué jusque-là contre la paroi de la cellule s'en détache-t-il, et l'eau qui imbibait cette paroi pénètre-t-elle entre celle-ci et l'utricule, de telle sorte que, n'étant plus retenue entre les particules de cellulose, elle peut s'introduire plus facilement dans le protoplasma ? C'est ce que je ne saurais préciser, car au début de l'infiltration, on ne remarque dans la cellule aucune modification appréciable. Le tissu infiltré pendant cette première période ne se dessèche pas après l'émersion et continue à fonctionner. Ce n'est que lorsque l'infiltration s'est produite depuis un certain temps, que les altérations du contenu cellulaire deviennent apparentes. Les grains chlorophylliens se déforment et s'amassent au centre de la cellule. Le tissu infiltré entre alors dans la période de dépérissement, car il se dessèche après l'émersion (1).

Il est dès lors possible d'expliquer les diverses particularités que présente l'infiltration. Si, dans le cas où le limbe seul est immergé, il ne s'infiltré point, cela ne tient pas, comme on pourrait le croire, à ce qu'il ne pénètre par cette voie qu'une trop faible quantité d'eau, puisque, dans cette même situation, il s'infiltré lorsqu'il est fané, mais bien à ce que l'eau n'y arrive qu'avec une trop faible impulsion pour pouvoir s'introduire dans des cellules en pleine activité végétative. C'est seulement lorsque le dépérissement commence à survenir que la pénétration s'effectue. Quand une portion du limbe est hors de l'eau, bien que l'autre portion et le pétiole y soient plongés, l'infiltration n'a pas lieu parce que la transpiration incessante, qui se produit par la première, empêche l'accumulation d'eau dans la seconde. Il en est de même, lorsque l'une des faces ou le pétiole seulement sont immergés. C'est parce qu'elles ont une grande vitalité que les feuilles s'infiltré moins facilement quand elles sont jeunes, de même que lorsqu'elles sont fixées au rameau. Si l'infiltration est plus rapide en été, c'est parce que, en cette saison, les tissus consomment plus activement leurs matières nutritives et, par suite, que leur vitalité s'affaiblit plus vite.

Puisque l'infiltration est due au dépérissement des tissus, on conçoit que ce phénomène se produise plus rapidement dans les feuilles qui, en raison de la consommation rapide qu'elles font de leurs matières nutritives, se trouvent bientôt à l'état d'inanition. Aussi les feuilles de Haricot et de Capucine s'infiltré-elles, au bout de quelques jours, même quand un fragment du limbe est seul immergé : ce qui n'arrive à celles de Lierre

(1) En voyant que l'infiltration se produit d'autant plus vite que la feuille est plus fanée, on serait disposé à l'attribuer à une diminution dans la turgescence des cellules ; il faut plutôt, me semble-t-il, en chercher la cause dans l'état maladif des tissus, qui est toujours la conséquence du flétrissement : car on ne saurait comprendre comment une feuille immergée par le limbe et le pétiole, situation dans laquelle elle s'infiltré le plus facilement, pourrait perdre sa turgescence.

qu'après une immersion complète et prolongée. Lorsque sur ces dernières on enlève des lambeaux d'épiderme, les régions voisines s'infiltrant rapidement, parce que l'eau se trouve alors directement en contact avec des cellules déjà atteintes dans leur vitalité par l'opération.

L'infiltration d'un limbe doit donc être considérée comme un phénomène morbide, dont les effets se font sentir d'autant moins promptement que ce limbe a plus de matières nutritives à sa disposition, qu'il les consomme moins rapidement ou qu'il est doué d'une plus grande vitalité. On comprend alors que les feuilles des plantes bulbeuses souffrent peu d'un séjour même prolongé sous l'eau, car le bulbe enraciné en terre leur envoie sans cesse de la nourriture. C'est ce qui leur permet également de vivre très-longtemps à l'obscurité. Ce n'est que lorsque les feuilles âgées des plantes bulbeuses commencent à dépérir qu'elles s'infiltrant sous l'eau. Mais les jeunes continuent à s'y développer.

L'infiltration, quand elle se produit sur les feuilles à parenchyme hétérogène, est surtout apparente à la face inférieure et l'aspect est le même qu'après le dégel : ce qui prouve que c'est principalement entre les cellules du tissu lacuneux que l'eau s'accumule. Mais, pour y parvenir, elle a déjà dû traverser l'épiderme. Elle pénètre donc également dans les cellules et l'on doit supposer que celles-ci en sont remplies ; ce qui semble ressortir du reste des altérations consécutives. Toutefois, comme l'eau n'est pas visible dans ces éléments, on ne peut en avoir la preuve directe, telle qu'on l'obtient avec l'huile. Si l'on immerge une feuille de Lierre dans ce liquide, soit en totalité, soit par le pétiole, soit par le limbe ou même par l'une ou l'autre de ses faces seulement, ce dernier devient bientôt translucide. Si l'on y pratique alors des coupes, on aperçoit des gouttelettes d'huile de grosseurs diverses dans toutes les cellules, mais surtout dans les lacunes du parenchyme inférieur.

Non-seulement l'intervalle de temps qui s'écoule entre le début de l'immersion et le moment où l'infiltration apparaît, varie beaucoup suivant les plantes, mais encore la durée comprise entre le commencement de l'infiltration et la mort du tissu. Tandis qu'une feuille de Haricot ou de Capucine entre en décomposition deux ou trois jours après que l'infiltration a commencé, une feuille de Lierre peut rester infiltrée plus de quinze jours sans être sensiblement altérée. Cette différence provient sans doute de la résistance plus grande que présente le protoplasma aux effets de l'eau, résistance dont on peut entrevoir la cause dans la consommation moins rapide qu'il fait de ses matières nutritives. De même la période qui s'étend entre l'émersion d'une feuille infiltrée et la disparition de toute trace d'infiltration est aussi bien variable suivant les espèces. Très-longue dans le Lierre, elle est au contraire très-courte dans le Haricot, par suite probablement de différences notables dans l'activité de la transpiration.

En général, l'infiltration n'apparaît que lorsque l'amidon a entièrement

disparu. J'ai observé cependant, à cet égard, quelques exceptions que je crois devoir attribuer à l'état de souffrance dans lequel se trouve une feuille immergée, par suite de l'impossibilité où elle est de produire de la matière amylacée. La migration ou la consommation de cette substance se trouvant alors très-ralentie, il peut arriver que, avant sa complète disparition, l'eau pénètre en quantité suffisante dans la feuille pour l'infiltrer.

M. Chatin rappelle que si l'eau et certaines substances dissoutes peuvent traverser les tissus vivants, il n'en est pas de même d'autres corps, et en particulier des matières colorantes.

M. Mer fait observer qu'il ne faudrait pas généraliser ce dernier fait ; car il résulte des expériences qu'il a entreprises avec M. Cornu, et qui seront prochainement publiées, que si les extraits d'orseille, de campêche, de carmin, d'indigo, tels qu'on les obtient dans le commerce et dissous dans l'eau, ne peuvent traverser les tissus vivants des racines, il n'en est pas de même d'autres solutions telles que celles de fuchsine. Cette substance non-seulement peut pénétrer dans les cellules vivantes, mais encore colorer, sans le tuer, le protoplasma de certaines d'entre elles, tout en épargnant souvent le noyau. En examinant son action sur les racines des plantes bulbeuses, on constate que le protoplasma des cellules de l'épiderme et de la couche sous-jacente se colore ; qu'il en est de même des épaisissements des parois trachéennes, de ceux des cellules de la gaine protectrice et souvent même du protoplasma contenu dans ces éléments ; tout le parenchyme intermédiaire restant incolore. Ce qui démontre que les protoplasmas de cellules en apparence identiques jouissent de propriétés différentes.

M. Chatin fait observer que les expériences d'Eusèbe et d'Arthur Gris, relatives au verdissement des feuilles chlorosées, par les sels de fer, constituent des preuves de l'absorption de l'eau par ces organes. Les déductions qu'en avaient tirées ces auteurs ne sont cependant pas exactes. Il est reconnu maintenant que la coloration verte due à l'absorption des sels de fer provient de l'action de ceux-ci sur le *quercitrin* que renferment les feuilles, et non de la régénération de la chlorophylle.
